

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-341031

(43)Date of publication of application : 08.12.2000

(51)Int.Cl.

H01Q 17/00  
G02B 5/18  
G02B 6/12  
H01Q 15/02  
H01S 5/20

(21)Application number : 11-150582

(71)Applicant : ION KOGAKU KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 28.05.1999

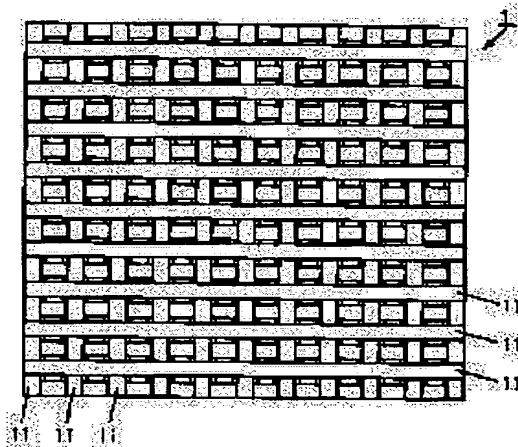
(72)Inventor : MIYAMOTO YOSHIO  
KAJIYAMA KENJI

## (54) THREE-DIMENSIONAL PERIODIC STRUCTURE AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a three-dimensional periodic structure that can easily be manufactured at a low cost and controls an electromagnetic wave with a desired wavelength and to provide its manufacturing method.

**SOLUTION:** A two-dimensional basic structure consisting of a plurality of rods 11 is sequentially formed and layered by an optical forming method to form the three-dimensional periodic structure 1. Rods 11 are made of a mixture where ceramics particles are dispersed uniformly in a resin. A photonic band gap effect corresponding to an optional wavelength can be obtained by adjusting the distribution ratio of the resin and the ceramics particles and optionally setting the period of the rods 11. Part of the three-dimensional periodic structure 1 is provided with a part with different periodicity to control the directivity of an electromagnetic wave.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

2004/11/26 14:18:18

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-341031

(P 2000-341031A)

(43) 公開日 平成12年12月8日 (2000. 12. 8)

| (51) Int. Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テーマコード* (参考) |
|----------------------------|------|---------------|--------------|
| H 0 1 Q 17/00              |      | H 0 1 Q 17/00 | 2H047        |
| G 0 2 B 5/18               |      | G 0 2 B 5/18  | 2H049        |
|                            | 6/12 | H 0 1 Q 15/02 | 5J020        |
| H 0 1 Q 15/02              |      | H 0 1 S 5/20  |              |
| H 0 1 S 5/20               |      | G 0 2 B 6/12  | Z            |
| 審査請求 未請求 請求項の数 1 1         | O L  | (全 8 頁)       | 最終頁に続く       |

(21) 出願番号 特願平11-150582

(22) 出願日 平成11年5月28日 (1999. 5. 28)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成11年3月25日 社団法人日本セラミックス協会発行の「1999年年会講演予稿集」に発表

(71) 出願人 592054683

株式会社イオン工学研究所

大阪府枚方市津田山手2丁目8番1号

(72) 発明者 宮本 欽生

大阪府池田市槻木町1丁目14番202号

(72) 発明者 梶山 健二

大阪府枚方市津田山手2-8-1 株式会社イオン工学研究所内

(74) 代理人 100098305

弁理士 福島 祥人

F ターム (参考) 2H047 KA03 QA05 TA43

2H049 AA33 AA43 AA44 AA59 AA65

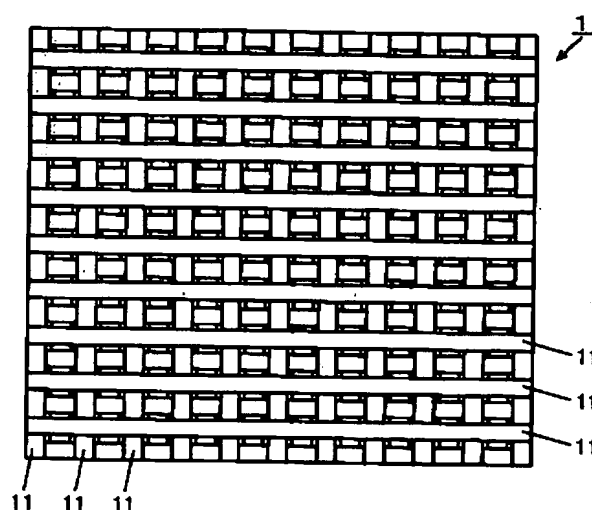
5J020 BA02 BC02 BC13 CA04 CA05

(54) 【発明の名称】 三次元周期構造体およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 所望の波長の電磁波を制御することができ、容易かつ安価に製造可能な三次元周期構造体およびその製造方法を提供することである。

【解決手段】 複数の棒状体 1 1 により構成される二次元基本構造体 2 1 ~ 2 4 を光造形法により順次形成しつつ積層し、三次元周期構造体 1 を形成する。棒状体 1 1 は、樹脂中にセラミックス粒子を均一に分散させた混合物により形成される。樹脂およびセラミックス粒子の配分比率を調整し、棒状体 1 1 の周期を任意に設定することにより、任意の波長に対応したフォトニックバンドギャップ効果を得ることが可能となる。三次元周期構造体 1 の一部に周期性の異なる部分を設けることにより、電磁波の指向性を制御することが可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 樹脂およびセラミックス粒子の混合物により形成される複数の単位構成要素が三次元周期的に組み合わされたことを特徴とする三次元周期構造体。

【請求項 2】 少なくとも一方向において他の部分と周期性が異なる部分を含むことを特徴とする請求項 1 記載の三次元周期構造体。

【請求項 3】 複数の前記単位構成要素が二次元的に配列されて二次元基本構造体が形成され、複数の前記二次元基本構造体が積層されたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の三次元周期構造体。

【請求項 4】 前記単位構成要素は棒状体であり、複数の前記棒状体が第 1 の方向に平行に所定間隔で配列されてなる二次元基本構造体と、複数の前記棒状体が前記第 1 の方向に交差する第 2 の方向に平行に所定間隔で配列されてなる二次元基本構造体とが交互に積層されたことを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の三次元周期構造体。

【請求項 5】 前記樹脂が光硬化性樹脂であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の三次元周期構造体。

【請求項 6】 前記樹脂が熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の三次元周期構造体。

【請求項 7】 0.1 mm 以上 30 mm 以下の周期を有することを特徴とする請求項 1～6 のいずれかに記載の三次元周期構造体。

【請求項 8】 樹脂およびセラミックス粒子の混合物からなる複数の単位構成要素を周期的に配列してなる二次元基本構造体を形成し、複数の前記二次元基本構造体を積み重ねることにより三次元周期構造体を製造することを特徴とする三次元周期構造体の製造方法。

【請求項 9】 層状の加工単位を順次積層する積層造形法により前記三次元周期構造体を造形することを特徴とする請求項 8 記載の三次元周期構造体の製造方法。

【請求項 10】 前記樹脂として光硬化性樹脂を用い、光造形法により前記二次元基本構造体を形成しつつ複数の前記二次元基本構造体を順次積層することを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の三次元周期構造体の製造方法。

【請求項 11】 前記樹脂として熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂を用い、複数の前記単位構成要素または複数の前記二次元基本構造体を樹脂成形法により形成し、複数の前記単位構成要素または複数の前記二次元基本構造体を組み合わせることを特徴とする請求項 8 記載の三次元周期構造体の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、フォトニック結晶を構成する三次元周期構造体およびその製造方法に関す

る。

## 【0002】

【従来の技術】 屈折率が周期的に変化する三次元周期構造体は、電磁波に対する干渉作用を示し、特定の周波数領域の電磁波の通過を禁止する。すなわち、特定の波長の光を遮蔽することができる。この場合の禁止帯はフォトニックバンドギャップと呼ばれ、三次元周期構造体はフォトニック結晶と呼ばれる。また、特定の波長の電磁波を遮蔽する効果はフォトニックバンドギャップ効果と呼ばれる。このような三次元周期構造体は、高効率半導体レーザー素子や光導波路等の光デバイスへの応用が期待されている。

【0003】 例えば E. Yablonovitch, “Photonic band-gap structures”, J. Opt. Soc. AmB, vol. 10, no. 2, pp. 283-295, 1993 に三次元周期構造体の構成例が提案されている。また、特開平 10-335758 号公報には、スパッタエッチングを用いて 1 μm 程度またはそれ以下の周期を有する三次元周期構造体を作製する方法が開示されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、所望の屈折率および所望の三次元的周期を有する構造を容易に作製できる技術が確立されていないため、三次元周期構造体を応用したデバイスは実用化されていない。特に、ミリ波領域からマイクロ波領域の電磁波を制御可能な三次元周期構造体の構造および作製方法については開発されていない。

【0005】 高速大容量の通信に適した通信インフラストラクチャを構築するためには、ミリ波帯またはマイクロ波帯の通信の高性能化を図る必要がある。しかし、電磁波の発振出力が数ワットになると、電磁障害が発生する可能性があるため、通信の高性能化および電磁障害防止の両立性を確保する必要があり、電磁障害防止機能を備えた高性能通信機器が求められる。

【0006】 また、人工衛星や飛行船を中継基地とする高速大容量通信システム、グローバル移動体通信システム、および高度道路交通システムでは、ミリ波帯またはマイクロ波帯の通信を行う安価な高性能小型通信機器が大量に必要とされ、しかも電磁障害を防止する必要も生じる。

【0007】 したがって、光領域のみならず、ミリ波領域からマイクロ波領域の電磁波を制御するデバイスが望まれる。

【0008】 本発明の目的は、所望の波長の電磁波を制御することができ、容易かつ安価に製造可能な三次元周期構造体を提供することである。

【0009】 本発明の他の目的は、所望の波長の電磁波を制御可能な三次元周期構造体を容易かつ安価に製造することが可能な製造方法を提供することである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段および発明の効果】本発明に係る三次元周期構造体は、樹脂およびセラミックス粒子の混合物により形成される複数の単位構成要素が三次元周期的に組み合わせられたものである。

【0011】電磁波の波長 $\lambda$ は、 $kC/f$ で表される。ここで、 $k$ は定数、 $C$ は電磁波の伝播する速さ、 $f$ は電磁波の周波数である。波長 $\lambda$ の電磁波に対してフォトリックバンドギャップ効果を発現する三次元周期構造体の周期 $d$ は $\lambda/2n$ に比例する。 $n$ は三次元周期構造体の単位構成要素の材質の光学の屈折率である。この屈折率 $n$ は材質の比誘電率 $\epsilon$ の平方根に比例するので、周期 $d$ は $\lambda/2\sqrt{\epsilon}$ に比例する。このような関係から、三次元周期構造体が有する固有の誘電率を選択するとともに周期を調整することにより、特定の波長に対応したフォトリックバンドギャップ効果を得ることが可能となる。

【0012】本発明に係る三次元周期構造体においては、単位構成要素が樹脂およびセラミックス粒子の混合物により形成されるため、樹脂およびセラミックス粒子の配分比率を調整することにより、単位構成要素の誘電率を容易に調整することができる。それにより、単位構成要素の屈折率を任意に調整することができる。また、複数の単位構成要素の周期を任意に設定し、複数の単位構成要素を組み合わせることができる。

【0013】したがって、任意の波長に対応したフォトリックバンドギャップ効果を得ることが可能になり、任意の波長を有する電磁波を完全に遮蔽することができる。その結果、電磁波の波長選択性および指向性が得られ、かつ電磁波放射の高性能化およびエネルギー利用効率の向上が可能となる。また、電磁波漏洩および電磁波障害の防止が図られる。

【0014】また、単位構成要素の材料として樹脂およびセラミックス粒子の混合物を用いているので、加工または成形が容易であり、製造コストが安くなる。

【0015】特に、三次元周期構造体が、少なくとも一方向において他の部分と周期性が異なる部分を含んでもよい。この場合、特定の波長を有する電磁波を遮蔽するとともに、他の波長を有する電磁波を透過させることができる。それにより、導波路または共振器を構成することが可能となる。

【0016】複数の単位構成要素が二次元的に配列されて二次元基本構造体が形成され、複数の二次元基本構造体が積層されてもよい。これにより、三次元周期構造体が構成される。この場合、二次元基本構造体を構成する複数の単位構成要素の配列周期および複数の二次元基本構造体の積層周期を調整することにより、フォトリックバンドギャップ効果を発現する電磁波の波長を容易に制御することができる。

【0017】単位構成要素は棒状体であり、複数の棒状体が第1の方向に平行に所定間隔で配列されてなる二次元基本構造体と、複数の棒状体が第1の方向に交差する

第2の方向に平行に所定間隔で配列されてなる二次元基本構造体とが交互に積層されてもよい。この場合、棒状体からなる単位構成要素を三次元周期的に容易に組み合わせることができる。

【0018】樹脂が光硬化性樹脂であってもよい。この場合、光造形法により三次元周期構造体を形成することができる。

【0019】樹脂が熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂であってもよい。この場合、型を用いた成形法により三次元周期構造体を形成することができる。

【0020】三次元周期構造体が0.1mm以上30mm以下の周期を有してもよい。この場合、通信に使用される電磁波に対してフォトリックバンドギャップ効果を得ることができる。したがって、三次元周期構造体を通信に使用される電磁波を制御するデバイスに応用することができる。

【0021】特に、三次元周期構造の周期が1mm以上3mm以下に設定された場合、ミリ波領域からマイクロ波領域の電磁波を制御するデバイスへの応用が可能となる。

【0022】本発明に係る三次元周期構造体の製造方法は、樹脂およびセラミックス粒子の混合物からなる複数の単位構成要素を周期的に配列してなる二次元基本構造体を形成し、複数の二次元基本構造体を積み重ねることにより三次元周期構造体を製造するものである。

【0023】本発明に係る三次元周期構造体の製造方法においては、単位構成要素が樹脂およびセラミックス粒子の混合物からなるので、樹脂およびセラミックス粒子の配分比率を調整することにより、単位構成要素の誘電率を容易に調整することができる。それにより、単位構成要素の屈折率を任意に調整することができる。

【0024】また、複数の単位構成要素を周期的に配列してなる二次元基本構造体を形成し、複数の二次元基本構造体を積み重ねることにより三次元周期構造体を製造するので、二次元基本構造体を構成する複数の単位構成要素の配列周期および複数の二次元基本構造体の積層周期を調整することにより、三次元周期を任意に設定することができる。

【0025】したがって、任意の波長に対応したフォトリックバンドギャップ効果を得ることができる。

【0026】さらに、単位構成要素の材料として樹脂およびセラミックス粒子の混合物を用いているので、加工または成形が容易であり、製造コストが安くなる。

【0027】これらの結果、任意の波長の電磁波を制御可能な三次元周期構造体を容易かつ安価に製造することができる。

【0028】層状の加工単位を順次積層する積層造形法により三次元周期構造体を造形してもよい。この場合、サブミリ単位からミリ単位の周期を有する三次元周期構造体を容易に形成することができる。樹脂として光硬化

性樹脂を用い、光造形法により二次元基本構造体を形成しつつ複数の二次元基本構造体を順次積層してもよい。

【0029】樹脂として熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂を用い、複数の単位構成要素または複数の二次元基本構造体を樹脂成形法により形成し、複数の単位構成要素および複数の二次元基本構造体を組み合わせてもよい。

#### 【0030】

【発明の実施の形態】図1は本発明の一実施例における三次元周期構造体の平面図、図2は図1の三次元周期構造体の正面図、図3は図1の三次元周期構造体の側面図である。図1～図3の三次元周期構造体は、単純立方格子構造を有する。

【0031】四角形の断面形状を有する複数の棒状体11が周期dで平行にかつ等間隔で配置される。それにより、第1層目の二次元基本構造体21が形成される。第1層目の二次元基本構造体21上に、複数の棒状体11が周期dで平行にかつ等間隔で配置される。それにより、第2層目の二次元基本構造体22が形成される。第2層目の二次元基本構造体22の棒状体11は、第1層目の二次元基本構造体21の棒状体11と直角に交わるように配置される。

【0032】第2層目の二次元基本構造体22上に、複数の棒状体11が周期dで平行にかつ等間隔で配置される。それにより、第3層目の二次元基本構造体23が形成される。第3層目の二次元基本構造体23の棒状体11は、第2層目の二次元基本構造体22の棒状体11と直角に交わり、かつ第1層目の二次元基本構造体21の棒状体11に対して2分の1周期( $d/2$ )ずれた位置に配置される。

【0033】第3層目の二次元基本構造体23上に、複数の棒状体11が周期dで平行にかつ等間隔で配置される。それにより、第4層目の二次元基本構造体24が形成される。第4層目の二次元基本構造体24の棒状体11は、第3層目の二次元基本構造体23の棒状体11と直角に交わり、かつ第2層目の二次元基本構造体22の棒状体11に対して2分の1周期( $d/2$ )ずれた位置に配置される。

【0034】第1層目の二次元基本構造体21を構成する棒状体11の本数は、第3層目の二次元基本構造体23を構成する棒状体11の本数よりも1本少なく、第4層目の二次元基本構造体24を構成する棒状体11の本数は、第2層目の二次元基本構造体22を構成する棒状体11の本数よりも1本少ない。

【0035】以下同様にして、第1層目の二次元基本構造体21、第2層目の二次元基本構造体22、第3層目の二次元基本構造体23および第4層目の二次元基本構造体24が所定の回数繰り返して順次積層される。

【0036】各棒状体11は、樹脂中にセラミックス粒子を均一に分散させた混合物により形成される。樹脂としては、例えばエポキシ系樹脂、アクリレート系樹脂等

の種々の合成樹脂を用いることができる。また、セラミックス粒子としては、 $TiO_2$  (酸化チタン)、 $SrTiO_3$  (チタン酸ストロンチウム)、 $BaTiO_3$  (チタン酸バリウム)、 $SiO_2$  (酸化シリコン) 等を用いることができる。特に、高誘電率を有するセラミックス粒子を用いることが好ましい。

【0037】ここで、棒状体11の誘電率を $\epsilon_1$ とする。隣り合う棒状体11間には空間20が存在する。空間20の誘電率を $\epsilon_2$ とする。これにより、誘電率 $\epsilon_1$ の棒状体11と誘電率 $\epsilon_2$ の空間20とが三次元的かつ連続的に配置された格子状の周期的な繰り返し構造が得られる。

【0038】各棒状体11の寸法は任意に設定することができ、本実施例では、例えば $1mm \times 1mm \times 50mm$ とする。また、周期dは任意に設定することができ、本実施例では、周期dを $0.1mm \sim 30mm$ に設定する。一例として、周期dを $2mm$ とする。

【0039】なお、本実施例では、四角形の断面形状を有する棒状体11を用いているが、棒状体11の断面形状は円形等の他の形状であってもよい。また、本実施例では、三次元周期構造として単純立方格子構造を用いているが、立方格子構造に限らず三次元周期性を有する他の結晶構造を用いてもよい。

【0040】本実施例の三次元周期構造体1においては、樹脂およびセラミックス粒子の配分比率を調整することにより、棒状体11の誘電率を容易に調整することができる。それにより、棒状体11の屈折率を任意に調整することができる。また、棒状体11の間隔を任意に設定することにより、周期dを任意に設定することができる。したがって、任意の波長に対応したフォトニックバンドギャップ効果を得ることが可能になり、特定の波長を有する電磁波を完全に遮蔽することができる。

【0041】特に、周期dを $1mm$ から $3mm$ に設定した場合、周波数 $2GHz \sim 80GHz$ の帯域の電磁波を制御することが可能となる。

【0042】また、棒状体11が樹脂およびセラミックス粒子の混合物により形成されるので、加工および成形が容易であり、製造コストが安くなる。

【0043】図4は図1～図3の三次元周期構造体の製造方法の一例を示す模式的断面図、図5は図1～図3の三次元周期構造体の製造方法の一例を示す模式的斜視図である。以下、図4および図5を参照しながら図1～図3の三次元周期構造体の製造方法の一例について説明する。ここでは、液状の光硬化性樹脂の感光反応を利用した光造形法を用いる。

【0044】図4および図5において、矢印Xおよび矢印Yは平面内で互いに直交する2方向を示し、矢印Zは鉛直方向を示す。

【0045】光硬化性樹脂としてはエポキシ系光硬化性樹脂、アクリレート系光硬化性樹脂等を用いる。この光



硬化性樹脂中に  $TiO_2$  系微粉末、 $SrTiO_3$  系微粉末、 $BaTiO_3$  系微粉末、 $SiO_2$  系微粉末等の誘電体セラミックス粒子を混合し分散させる。

【0046】まず、図4(a)および図5(a)に示すように、テーブル50上に所定の厚み分の液状の光硬化性樹脂が膜状に供給されるように、テーブル50を光硬化性樹脂10に浸漬させる。この状態で、紫外線レーザー光30を矢印Xの方向に走査させる。それにより、紫外線レーザー光30の被照射部分の光硬化性樹脂が硬化し、棒状体11が形成される。紫外線レーザー光30を矢印Xの方向と平行に繰り返し走査させることにより、矢印Xの方向に平行な複数の棒状体11を所定間隔で形成する。これにより、テーブル50上に第1層目の二次元基本構造体が形成される。

【0047】次に、図4(b)および図5(b)に示すように、テーブル50を所定の厚み分矢印Zの方向に下降させる。それにより、テーブル50上に形成された第1層目の二次元基本構造体上に所定の厚み分の液状の光硬化性樹脂が供給される。この状態で、紫外線レーザー光30を矢印Yの方向に走査させる。それにより、紫外線レーザー光30の被照射部分の光硬化性樹脂が硬化し、棒状体11が形成される。紫外線レーザー光30を矢印Yの方向と平行に繰り返し走査させることにより、矢印Yと平行な複数の棒状体11が形成される。それにより、第1層目の二次元基本周期構造体上に第2層目の二次元基本構造体が形成される。

【0048】同様にして、テーブル50を矢印Zの方向に下降させ、紫外線レーザー光30を矢印Xの方向に平行に繰り返し走査させることにより、第3層目の二次元基本構造体を形成し、さらにテーブル50を矢印Zの方向に下降させ、紫外線レーザー光30を矢印Yの方向に平行に繰り返し走査させることにより、第4層目の二次元基本構造体を形成する。

【0049】以下同様にして、第1層目、第2層目、第3層目および第4層目の二次元基本構造体を所定の回数繰り返し順次積層する。

【0050】このような光造形法を用いると、0.1mm〜30mmの周期dを有する三次元周期構造体1を容易に作製することができる。

【0051】図6は本発明の他の実施例における三次元周期構造体の正面図である。図6の三次元周期構造体1においては、一部分に格子欠陥60が設けられている。この格子欠陥60の部分では、周期性が他の部分の周期性と異なる。そのため、格子欠陥60を除く部分で特定の波長を有する電磁波に対するフォトリソニックバンドギャップ効果が得られ、格子欠陥60の部分では、特定の波長を有する電磁波に対するフォトリソニックバンドギャップ効果が得られない。

【0052】したがって、格子欠陥60を連続的に形成することにより、特定の波長を有する電磁波を伝搬する

導波路が形成される。

【0053】また、三次元周期構造体1に異なる周期性を有する領域を形成し、異なる周期性を有する領域の界面を対向させることにより、特定の波長を有する電磁波に対する共振器を形成することができる。

【0054】このように、三次元周期構造体1の一部に周期性の異なる部分を設けることにより、電磁波の指向性を制御することができる。

【0055】図7は図1〜図3の三次元周期構造体をアンテナに応用した例を示す模式的斜視図である。

【0056】図7において、図1〜図3の構造を有する平面状の三次元周期構造体1によりアンテナが形成されている。この三次元周期構造体1の一方の面に1対の電極80が設けられている。三次元周期構造体1が特定の波長を有する電磁波に対する遮蔽効果を有するため、電極80から発生される特定の波長の電磁波100は矢印Aの方向に放射され、矢印Bの方向には放射されない。

【0057】このように、図1〜図3の三次元周期構造体1を用いることにより高指向性のアンテナが実現する。三次元周期構造体1の周期dを1mm〜3mmに設定した場合、2GHz〜80GHzの電磁波に対する波長選択性および高指向性が得られる。

【0058】例えば、飛行船通信に応用する場合、利用が予定されている約30GHzのミリ波帯の電磁波に対して高い誘電率を示す酸化チタン、チタン酸ストロンチウム、チタン酸バリウム等のセラミックス微粉末を均一に分散させた樹脂を用いることにより、アンテナに高指向性を付与することができる。

【0059】したがって、図7のアンテナを用いることにより、ミリ波領域およびマイクロ波領域の電磁波を使用する通信機器の出力特性の高性能化が可能となる。また、電磁波が特定の方向に集中するため、エネルギー利用効率が向上し、携帯機器の使用時間を延長することが可能となる。さらに、電磁波の放射角が限定されるので、使用者や他の電子機器に対する電磁障害が防止される。

【0060】なお、上記実施例の三次元周期構造体1は、光造形法に限らず他の積層造形法を用いて形成することもできる。例えば、紙等の基材に樹脂を含浸したシート状材料にレーザー光を照射しつつ積層する方法を用いてもよい(特開平4-221624号公報および特開平7-285179号公報参照)。また、薄い樹脂フィルムにレーザー光を照射しつつ積層する方法を用いてもよい(特開平5-237941号公報および特開平5-229016号公報参照)。さらに、粉末状樹脂をレーザー光で溶融および結合させて積層する方法を用いてもよい(特開平1-232027号公報および特開平3-183530号公報参照)。さらに、紐状の溶融樹脂を積層する方法を用いてもよい(特開平2-130132号公報および特開平3-158228号公報参照)。

【0061】また、三次元周期構造体1の他の製造方法として、射出成形、注型等の樹脂成形法を用いてもよい。この場合には、棒状体11の型を作製し、樹脂としてエポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂またはポリエチレン等の熱可塑性樹脂を用いる。棒状体11の型を作製し、熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂とセラミックス粒子との混合物により複数の棒状体11を効率的に成形した後に、所定数の棒状体11を積み重ねることにより三次元周期構造体1を組み立てることが可能である。

【0062】また、二次元基本構造体21～24の型を作製し、熱硬化性樹脂または熱可塑性樹脂とセラミックス粒子との混合物を用いて複数の二次元基本構造体21～24を効率的に成形した後に、所定数の二次元基本構造体21～24を積み重ねることにより三次元周期構造体1を組み立てることも可能である。

【0063】これらの場合、棒状体11または二次元基本構造体21～24を接着剤等を用いて相互に接着するか、あるいは、組み立てられた三次元周期構造体1の全体を別の樹脂やゴム等で固めてもよい。

【0064】樹脂成形法を用いた場合、構造の最適化設計により、三次元周期構造体1の量産化および低コスト化が図られる。

【0065】以上のように、上記実施例の三次元周期構造体1において、棒状体11の誘電率の選択および周期構造の制御により、特定の波長を有する電磁波を完全に遮蔽することができる。それにより、種々のデバイスに電磁波の波長選択性、指向性および導波機能を付与することができ、特定方向への送信効率の向上および電磁障害の防止が可能となる。

【0066】したがって、三次元周期構造体1を用いて新しい高機能通信機器用の部品の作製が可能となるとともに、通信機器の高出力化に伴って高効率化および電磁障害防止を図ることができる。それにより、グローバル移動体通信、超高速インターネット、ビデオオンデマンド、高品位テレビ伝送などを利用したマルチメディア社会に必要な高速大容量通信インフラストラクチャおよび電磁波障害に強い通信システムを提供することが可能となる。

【0067】また、高指向性マイクロ波移動体通信機用のアンテナの量産技術を提供することにより、人工衛星を利用したグローバル移動体通信システムおよび飛行船を中継基地とする高速大容量通信システムにおけるミリ波帯通信機器の高性能化および小型化が可能となる。さらに、自動運転を可能にする高度道路交通システム用のミリ波帯アンテナの高性能化による交通安全世界の実現など、通信環境の一層の発展を期待できる。

【0068】特に、ミリ波帯またはマイクロ波帯通信の高機能化および電磁漏洩に対する安全性を確保する電磁障害防止デバイスとしての製造技術を提供することが可能となる。

【0069】さらに、サブミリ単位の三次元周期構造体1により約80GHz帯のミリ波帯アンテナへの応用が可能となるとともに三次元周期構造体1を利用したアンテナ以外の多種多様なデバイスの製作が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例における三次元周期構造体の平面図である。

【図2】図1の三次元周期構造体の正面図である。

【図3】図1の三次元周期構造体の側面図である。

【図4】図1～図3の三次元周期構造体の製造方法の一例を示す模式的断面図である。

【図5】図1～図3の三次元周期構造体の製造方法の一例を示す模式的斜視図である。

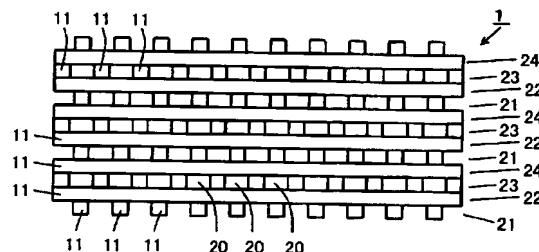
【図6】本発明の他の実施例における三次元周期構造体の正面図である。

【図7】図1～図3の三次元周期構造体をアンテナに応用した例を示す模式的斜視図である。

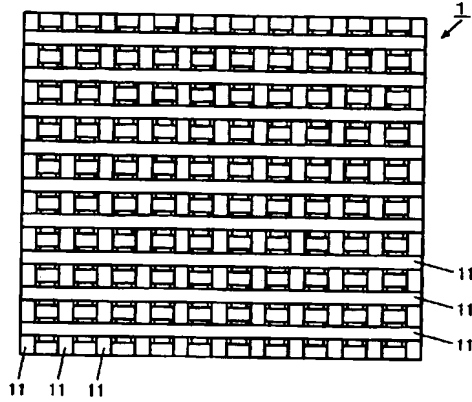
【符号の説明】

- 1 三次元周期構造体
- 10 光硬化性樹脂
- 11 棒状体
- 20 空間
- 21～24 二次元基本構造体
- 30 紫外線レーザ光
- 60 格子欠陥

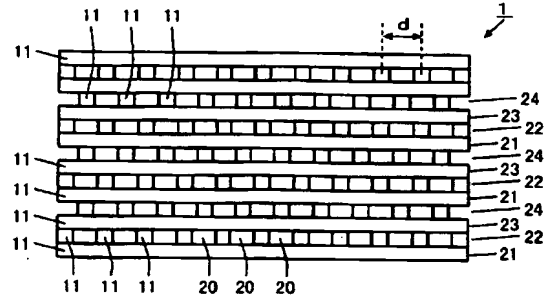
【図3】



【図 1】

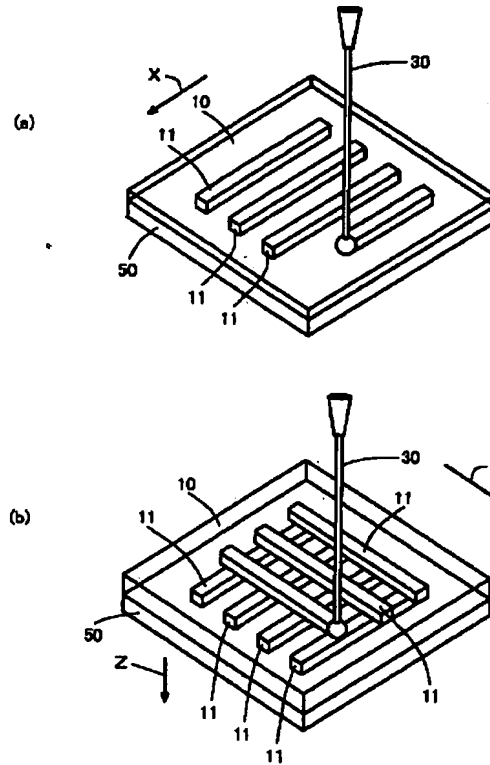
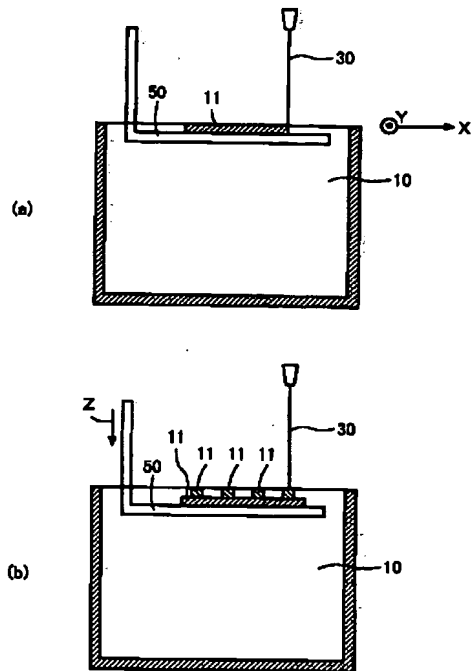


【図 2】

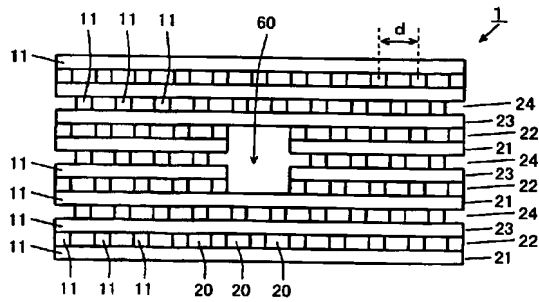


【図 5】

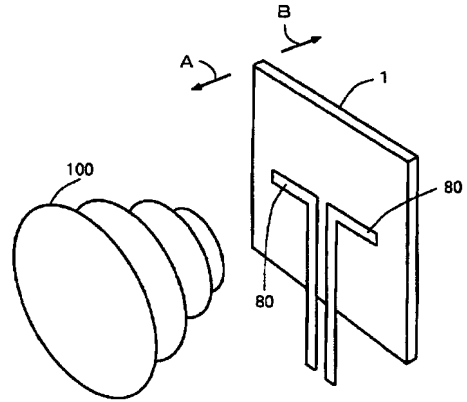
【図 4】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I  
G 0 2 B 6/12テーマコード (参考)  
N